

**ANALISA EFISIENSI TURBIN DENGAN TYPE *CROSS OVER*  
MENGUNAKAN SIKLUS *RANKINE REHEAT*  
DI PLTU PACITAN KAPASITAS 2 X 315 MW**

**SKRIPSI**

Diajukan dan Disusun Sebagai Salah satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Jenjang Strata Satu ( S1 )  
Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Ponorogo



**RUDY HADI KURNIAWAN**

**13510810**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PONOROGO**

## HALAMAN PENGESAHAN

Nama : Rudy Hadi Kurniawan  
NIM : 13510810  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Judul Skripsi : ANALISA EFISIENSI TURBIN DENGAN TYPE  
CROSS OVER MENGGUNAKAN SIKLUS  
RANKINE REHEAT DI PLTU PACITAN  
KAPASITAS 2 X 315 MW.

Isi dan formatnya telah disetujui dan dinyatakan memenuhi syarat  
Untuk melengkapi persyaratan guna memperoleh Gelar Sarjana Pada program  
Studi Teknik mesin, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Ponorogo.

Ponorogo, Desember 2015

Menyetujui

Ketua Program Studi

Teknik Mesin



( Wawan Trisnadi Putra, ST, MT )

NIK. 19800220 201309 13

Dosen Pembimbing



( Ir. Fadelan, MT )

NIK. 19610509 199009 12

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik,



( Ir. Alhyadi, M.M )  
NIK. 19640103 19909 12

## **BERITA ACARA**

### **UJIAN SKRIPSI**

Pada hari Kamis Tanggal 31 Bulan 12 Tahun 2015 telah dilaksanakan ujian skripsi mahasiswa :

Nama : Rudy Hadi Kurniawan  
NIM : 13510810  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Judul Skripsi : ANALISA EFISIENSI TURBIN DENGAN TYPE CROSS  
OVER MENGGUNAKAN SIKLUS RANKINE REHEAT DI  
PLTU PACITAN KAPASITAS 2 X 315 MW.

Tanggal : 31 Desember 2015

Dengan Nilai :

Demikian berita acara ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Ponorogo, 02 Januari 2016

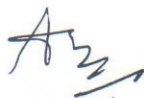
**Penguji I**



( Ir. Muh Malyadi, MM )

NIK. 19601117 199009 12

**Penguji II**



( Drs. Sutrisno MMT )

NIK. 19511129 201109 14

**Pembimbing**



( Ir. Fadelan, MT )

NIK. 19610509 199009 12

Mengetahui

**Dekan Fakultas Teknik**



( Ir. Aliyadi, MM, M.Kom )

NIK. 19640103 19909 12

**Ketua Program Studi**

**Teknik Mesin**












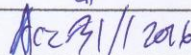


( Wawan Trisnadi Putra, ST, MT )

NIK. 19800220 201309 13

**BERITA ACARA**  
**BIMBINGAN SKRIPSI**

1. Nama : Rudy Hadi Kurniawan
2. NIM : 13510810
3. Program Studi : Teknik Mesin
4. Fakultas : Teknik
5. Judul Skripsi : ANALISA EFISIENSI TURBIN DENGAN TYPE CROSS OVER MENGGUNAKAN SIKLUS RANKINE REHEAT DI PLTU PACITAN KAPASITAS 2 X 315 MW
6. Dosen Pembimbing I : **Ir.Fadelan,MT**
7. Konsultasi :

NO	TANGGAL	URAIAN	TANDA TANGAN
1	02-09-2015	Pengajuan Judul skripsi	
2	09-09-2015	Acc Judul Skripsi	
3	15-09-2015	Proposal Skripsi	
4	22-09-2015	Seminar	
5	29-09-2015	Pengajuan Bab 1	
6	3-10-2015	Acc Pengajuan Bab 1	
7	13-11-2015	Pengajuan Bab II	
8	19-11-2015	Acc Pengajuan Bab II	
9	28-11-2015	Acc Pengajuan Bab III & IV	
10	3-12-2015	Pengajuan Bab V	
12	14-12-2015	Acc Pengajuan Bab V	
13	29-12-2015	Acc Ujian Skripsi	

8. Tanggal Pengajuan :
9. Tanggal Pengesahan :

Ponorogo, 18-12-2015  
Pembimbing I,



( Ir.Fadelan,MT )  
NIS. 19610509 199009 12

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat, karunia, petunjuk, pertolongan dan keridho'an – nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul : ANALISA EFISIENSI TURBIN DENGAN TYPE CROSS OVER MENGGUNAKAN SIKLUS RANKINE REHEAT DI PLTU PACITAN KAPASITAS 2 X 315 MW.

Skripsi ini disusun untuk melengkapi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana ( S1 ) pada Program Studi Sarjana Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Ponorogo.

Berkenaan dengan selesainya Skripsi ini, maka penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Kedua Orang Tua yang telah dengan tulus ikhlas memberikan perhatian dan kasih sayang yang tidak terkira kepada penulis, serta atas segala do'a, harapan serta restunya.
2. Kepada Istriku dan Kedua anakku yang selalu setia mendampingi dan mendoakanku dimana pun aku berada. Terima Kasih Anakku, Ayah selalu Sayang Kamu.
3. Seluruh Pegawai PT.PJB UBJOM PLTU PACITAN, makasih atas kerjasamanya dan semua Fasilitas yang ada di Unit Kerja.
4. Bapak Ir.Aliyadi, MM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Ponorogo.
5. Bapak Wawan Trisnadi Putra, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Ponorogo.
6. Bapak Ir.Fadelan, MT selaku Dosen Pembimbing Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Ponorogo.
7. Bapak dan Ibu Dosen serta segenap karyawan Program studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Ponorogo yang dengan segala kemampuannya memberikan yang terbaik bagi Universitas Muhammadiyah.
8. Segenap Dosen penguji Sidang Skripsi saya.
9. Segenap Karyawan PLTU 4 BABEL 2 X 16,5 MW, terima kasih supportnya dan telah diijinkan untuk Cuti Kerja guna menyelesaikan Skripsi saya.
10. Semua Pihak yang tidak bias disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan, bimbingan, informasi dan dukungan moral kepada penulis selama menyelesaikan Skripsi.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini sangat jauh dari sempurna.tapi penulis tetap berharap semoga Skripsi ini bias bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Semoga Allah SWT selalu memberikan rahmat dan karunia-nya serta bimbingan-Nya kepada kita semua. Amin.

Ponorogo, Desember 2015

Penulis

**ANALISA EFISIENSI TURBIN DENGAN TYPE *CROSS OVER*  
MENGUNAKAN SIKLUS *RANKINE REHEAT* DI PLTU PACITAN  
KAPASITAS 2 X 315 MW.**

Abstrak

Komponen utama yang digunakan dalam instalasi PLTU yaitu ketel uap, turbin uap, kondensor, dan generator sinkron. Seiring masa pakai ada kemungkinan terjadi penurunan performa peralatan tersebut sehingga mempengaruhi sistem PLTU. Dari hasil data serta efisiensi turbin yang beroperasi  $\pm 12$  bulan maka didapat efisiensi turbin 36,28 %. Pada PLTU turbin uap merupakan salah satu dari peralatan utama yang berfungsi merubah energy panas dari uap menjadi energy gerak yang kemudian diubah oleh generator menjadi energy listrik. Untuk mengetahui performa sistem PLTU pada tugas akhir ini menggunakan metoda efisiensi turbin. Hal ini merupakan indikasi performa sistem PLTU mulai terjadi penurunan seiring dengan masa pakai selain itu juga karena adanya losses. Contoh losses yang ditemui adalah adanya saluran pipa bocor, isolasi pipa uap yang rusak. Untuk menjaga kinerja sistem pembangkit yang beroperasi  $\pm 12$  bulan berjalan maka perlu dilakukan inspeksi dan perbaikan secara berkala pada unit pembangkit.

*Kata kunci : Performa PLTU, Losses, Efisiensi Turbin.*



**TURBINE EFFICIENCY ANALYSIS BY TYPE CROSS OVER  
USE IN REHEAT RANKINE CYCLE POWER PLANT PACITAN  
CAPACITY 2 X 315 MW**

Abstract

The main components used in the installation of the power plant are boiler , steam turbine , condenser , and a synchronous generator. Along the life there may be a decrease in the performance of such equipment there by affecting the power plant system. From the results of the data as well as the efficiency of the turbine that operates  $\pm 12$  months of the importance of the turbine efficiency of 36.28 % . At the power plant steam turbine is one of the main equipment that serves to change the heat energy from steam into motion energy which is then converted by a generator into electrical energy. To determine the performance of the power plant system in this thesis using the method of turbine efficiency. This is an indication of the power plant system performance started to decline in line with life but it is also because of the losses encountered losses. Example is the presence of a pipeline leak , a broken steam pipe insulation .To keep the plant operating system performance  $\pm 12$  months running it is necessary to periodic inspections and repairs on the generating units .

*Keyword : Performance Power Plant, Losses, Turbine Efficiency.*



## DAFTAR ISI

Halaman Judul	
Halaman Pengesahan .....	i
Halaman Berita Acara Ujian .....	ii
Kata Pengantar .....	iii
Abstrak .....	v
Abstract .....	vi
Daftar Isi .....	vii
Daftar Gambar .....	x
Daftar Tabel .....	xi
 BAB I PENDAHULUAN .....	 1
1.1.Latar Belakang .....	1
1.2.Perumusan Masalah .....	2
1.3.Pembatasan Masalah .....	3
1.4.Tujuan Penulisan .....	3
1.5.Manfaat Penulisan .....	3
1.6.Sistematika Penulisan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1.Sifat – Sifat Zat Murni .....	5
2.2.Perubahan Fasa dari Zat Murni .....	6
2.3.Siklus Rankine PLTU.....	13
2.3.1. Siklus Rankine Superheat .....	13
2.3.2. Siklus Rankine dengan Pemanas Ulang .....	14
2.3.3. Siklus Rankine Regeneratif .....	15
2.3.4. Siklus Rankine dengan Koogenerasi .....	17
2.4.Kesetimbangan massa dan Energi.....	18
2.5. Definisi Turbin Uap .....	19
2.6. Klasifikasi Turbin Uap .....	19
2.6.1. Berdasarkan Proses Transformasi Energi Uap .....	19
2.6.2. Berdasarkan Tekanan Uap Keluar turbin .....	20
2.6.3. Berdasarkan Tekanan Uap Masuk Turbin .....	21

2.6.4. Berdasarkan Pengaturan Uap Masuk turbin .....	21
2.6.5. Berdasarkan dari segi aliran uap .....	22
2.6.6. Berdasarkan dari segi Exhaust Flow .....	23
2.6.7. Berdasarkan Casing .....	23
2.7. Effisiensi PLTU .....	25
2.8. Heat Rate .....	26
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>29</b>
3.1. Siklus Air dan Uap .....	29
3.1.1. Pompa Circulating Water Pump .....	33
3.1.2. Sea Water Pump .....	33
3.1.3. Multi Effect Desalination .....	35
3.1.4. Raw Water Tank .....	35
3.1.5. Water Treatment Plant .....	36
3.1.6. Demin Water Tank .....	36
3.1.7. Condensate Storage Tank .....	37
3.1.8. Condensor .....	37
3.1.9. Condensate Pump .....	38
3.1.10. Condensate Polisher .....	39
3.1.11. Gland Steam Condensor .....	39
3.1.12. Low Pressure Heater .....	40
3.1.13. Dearator .....	40
3.1.14. Boiler Feed Pump .....	40
3.1.15. High Pressure Heater .....	41
3.1.16. Boiler .....	42
3.1.17. Economizer .....	42
3.1.18. Steam Drum .....	43
3.1.19. Superheater Boiler .....	43
3.1.20. Reheater Boiler .....	44
3.1.21. Air Heater .....	44
3.1.22. High Pressure Turbine .....	45
3.1.23. Intermediate Pressure Turbine .....	45
3.1.24. Low Pressure Turbine .....	46
3.1.25. Generator .....	46
3.2. Siklus Bahan Bakar .....	47

3.2.1. Jalur Bahan Bakar Cair ( HSD ) .....	47
3.2.2. Jalur Batubara .....	48
BAB IV PROSES PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN .....	50
4.1.Data .....	50
4.2.Perhitungan dan Pembahasan .....	53
4.2.1.Kerja Turbin Aktual dan Effisiensi Thermal .....	53
BAB V PENUTUP .....	
5.1.Kesimpulan .....	57
5.2.Saran .....	57
DAFTAR PUSTAKA .....	48
LAMPIRAN .....	49

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Contoh Kondisi Zat .....	5
Gambar 2.2. Pemanasan Air Pada Tekanan Konstan .....	6
Gambar 2.3. Diagram T – V proses perubahan fase air pada tekanan konstan.....	7
Gambar 2.4. Diagram T – V perubahan fase zat murni ( air ) pada berbagai variasi .....	7
Gambar 2.5. Diagram T – V zat murni.....	8
Gambar 2.6. Diagram P – V Zat murni.....	9
Gambar 2.7. Diagram P – V Zat murni yang menyusut saat membeku.....	9
Gambar 2.8. Diagram P – V zat murni mengembang saat membeku.....	10
Gambar 2.9. Diagram P – T Zat murni.....	10
Gambar 2.10. Diagram P – V – T Zat murni.....	11
Gambar 2.11. Siklus Rankine Superheat .....	13
Gambar 2.12. Kerusakan sudu .....	14
Gambar 2.13. Siklus Rankine dengan pemanas ulang .....	14
Gambar 2.14. Siklus Rankine Regeneratif dengan Open Feedwater Heater .....	15
Gambar 2.15. Siklus Rankine Regeneratif dengan Close Feedwater Heater .....	16
Gambar 2.16. Siklus Rankine Koogeneratif .....	17
Gambar 2.17. Keseimbangan energy pada siklus .....	18
Gambar 2.18. Perbedaan turbin uap tipe impuls dan reaksi.....	20
Gambar 2.19. Turbine susunan Cross Compound .....	24
Gambar 2.20. Turbine susunan Tandem Compound .....	24
Gambar 2.21. Grafik Entropy terhadap Total Heat.....	25
Gambar 2.22. Kerusakan pada poros Turbin.....	28
Gambar 3.1. Siklus Air .....	31
Gambar 3.2. Siklus Uap Di Turbin .....	33
Gambar 3.3. Siklus Extraction Steam di Turbin .....	34
Gambar 3.4. Pompa CWP.....	34
Gambar 3.5. MED.....	35
Gambar 3.6. Raw Water Tank.....	35
Gambar 3.7. Water Treatment Plant .....	36
Gambar 3.8. Demin Water Tank .....	36
Gambar 3.9. Condensate Storage Tank .....	37

Gambar 3.10. Condensor.....	37
Gambar 3.11. Condensate Pump .....	38
Gambar 3.12. Condensate Polisher .....	39
Gambar 3.13. Gland Steam Condensor .....	39
Gambar 3.14. Low Pressure Heater .....	40
Gambar 3.15. Dearator.....	40
Gambar 3.16. Boiler Feed Pump .....	41
Gambar 3.17. High Pressure Heater .....	41
Gambar 3.18. Boiler .....	42
Gambar 3.19. Economizer .....	42
Gambar 3.20. Steam Drum .....	43
Gambar 3.21. Superheater Boiler .....	43
Gambar 3.22. Reheater Boiler .....	44
Gambar 3.23. Air Heater.....	44
Gambar 3.24. High Pressure Turbine.....	45
Gambar 3.25. Intermediate Pressure Turbine .....	46
Gambar 3.26. Low Pressure Turbine.....	46
Gambar 3.27. Generator .....	46
Gambar 3.28. Single Line Diagram .....	49

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Sepuluh Proyek PLTU .....	1
Tabel 1.2. Daya Terpasang pada PLTU Pacitan .....	2
Tabel 2.1. Tabel Saturated Water 1 .....	11
Tabel 2.2. Tabel Saturated Water 2 .....	12
Tabel 4.2. Data Yang diketahui dari Komponen Pendukung I .....	50
Tabel 4.3. Data Yang diketahui dari Komponen Pendukung II .....	52